

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-185028

(43)公開日 平成11年(1999) 7月9日

(51)Int.Cl.⁴

識別記号

F I

G 0 6 T 1/00

G 0 6 F 15/64

3 2 5 J

G 0 1 B 11/30

G 0 1 B 11/30

G

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 15 頁)

(21)出願番号 特願平10-265853

(22)出願日 平成10年(1998) 9月21日

(31)優先権主張番号 9 4 9, 5 0 7

(32)優先日 1997年10月14日

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 398038580

ヒューレット・パカード・カンパニー

HEWLETT-PACKARD COM
PANY

アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル
ト ハノーバー・ストリート 3000

(72)発明者 ドナルド・ジェイ・スティブリー

アメリカ合衆国80550コロラド州ウィンザ
ー、ノース・チムニー・パーク 129

(72)発明者 ダニエル・エム・ブルーム

アメリカ合衆国80538コロラド州ラブラ
ンド、テーバーナッシュ・ドライブ 2764

(74)代理人 弁理士 岡田 次生

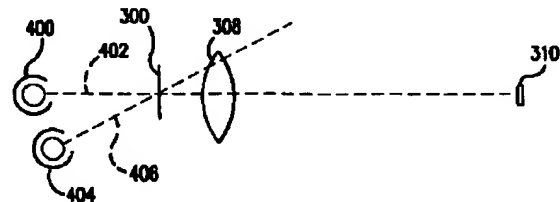
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 透過性の画像媒体の表面のアーティファクトを検出する方法

(57)【要約】

【課題】 フィルム表面のアーティファクトまたは欠陥を自動的に識別できるようにする。

【解決手段】 光学的イメージスキャナにおいて透過性の画像の表面上の欠陥およびアーティファクトを検出し、結果としての走査された画像を訂正するための方法および装置が提供される。まず画像は普通に明視野の可視白色光を使用して走査される。さらに赤外線を使用する別個の走査を提供することにより、または欠陥およびアーティファクトにより散乱、回折される光を測定することにより、塵、ひっかき傷および指紋のような表面の欠陥およびアーティファクトを検出する。また、照明について別個の光路を使用したり、強度測定のため別個の光路を使用することもできる。別個の走査で識別された欠陥に対応する通常の走査における領域を訂正するのに、画像処理が使用される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】(a)媒体上の点を通過する第1の光路に沿って光の強度を測定するステップと、

(b)前記媒体上の点を通る、前記第1の光路と異なる第2の光路に沿って照明を配置し、前記(a)のステップで測定される光の強度が、前記媒体上の点において第2の光路から第1の光路に方向転換される第2の光路の光によって得られるようにするステップと、

(c)前記(a)のステップで測定された強度を、予め定められた閾値と比較するステップと、

(d)前記(c)のステップの比較の結果、前記媒体の表面のアーティファクトとして前記媒体上の点を識別するステップと、

を含む透過性の画像媒体の表面のアーティファクトを検出する方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、一般に画像のデジタル電子走査のための装置に関する。より具体的には、透過性の画像を走査するときの塵およびひっかき傷についての訂正に関する。

【0002】

【従来の技術】電子イメージスキャナは、光学的な像を、ストレージ、伝送または印刷に適した電子的形式に変換する。例えばフィルムスキャナは、X線用フィルム、現像されたネガフィルムストリップおよびスライドフィルム(また、反転フィルムまたは「クロム(chrome)」フィルムと呼ばれている)に使用される。典型的なイメージスキャナでは、一度に1本の線を走査するため、画像からの光が光検出器(光センサ)の一次元アレイ(linear array)に集光する。2次元の画像は、一次元センサアレイとオリジナル画像との間に相対的な移動を提供することにより走査される。グレースケールの走査には、光検出器の1つの一次元アレイのみでよい。一般に、カラーズキャナは、可視光の波長の少なくとも3つの比較的狭帯域の強度(例えば赤、緑および青の帯域)を測定する。カラーフィルタを光路に順番に入れることにより、または異なる色の光源を順番に起動させることにより、カラーズキャナはセンサの素子の1つの行に、波長の複数の帯域を順番に提供することができる。より高速にするため、カラーズキャナは、センサの素子の複数の行に、波長の複数の帯域を同時に与えることができる。

【0003】図1は、イメージスキャナまたはフィルタを使用する複写機について典型的なカラー走査アセンブリを図示する。フィルムスキャナでは、光は白色光源101により提供され、透過性の(transmissive)フィルム100を介して送られる。光アセンブリ102は、フィルム上の3本の別個の線からの光を集光し、光はカラーフィルタ104を通して3線の光検出器アレイ106上

に当たる。通常、光路はミラー(図示されていない)により折り返される。全体の画像は、フィルム100および光検出器アレイ106の間に相対移動(矢印108で示されるようにY次元における相対移動)を提供することにより走査される。

【0004】図2は、ビームスプリッタを使用する代替的なカラー走査アセンブリを示す。光は白色光源201により提供され、透過性の画像200を介して送られる。光アセンブリ202は、フィルム200上の1つの線からの光を集光する。光はビームスプリッタ204を通り、ビームスプリッタ204は波長の3つの比較的狭帯域に光を分割し、それぞれの帯域は3線の光検出器アレイ206の異なる一次元アレイに集光する。さらなる一般的な背景については、たとえばK.Douglas GennetteおよびMichael J.Steinleの「Designing a Scanner with Color Vision」、1993年8月、ヒューレット・パカード・ジャーナルのページ52〜58に見ることができる。

【0005】図1に示す構成では、フィルム100の任意の1つの線について、第1の色の強度が測定され、その後第2の色の強度が測定され、またその後に第3の色の強度が測定される。したがって図1の構成では、最終的な測定がその線について完了するまで、走査する画像上の線の強度測定値をバッファするのにメモリが必要とされる。図2に示す構成では、フィルム200の任意の1つの線について、すべての色についての強度測定値が同時に作られ、それにより1つの線の複数の走査のためのバッファメモリの必要性を取り除く。

【0006】フィルムスキャナでは、デジタル化された画像が、塵および指紋のような走査されているフィルム表面のアーティファクト(artifact)の存在、またはひっかき傷のような走査されているフィルム表面の欠陥により、劣化する可能性がある。このことは35mmフィルムのような比較的小さいフィルム形式について特に問題となる。それは、画像の領域が小さいからである。大部分の使用では、画像は拡大されなければならないので、表面のアーティファクトおよび欠陥も拡大される。オペレータは、これらのアーティファクトおよび欠陥を最小にするため、フィルムの保管および取り扱いに几帳面でなければならない。フィルムの表面をクリーニングまたは修理する多様な方法が、写真の専門家により使用されてきたが、時間がかかって困難であり、また部分的にしか成功しない。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】フィルムを電子的に走査するとき、画像処理アルゴリズムを使用して、走査するデジタル画像のアーティファクトおよび欠陥を減少させ、または取り除こうとすることは可能である。しかし一般に、塵の粒子またはひっかき傷を所望の画像から見分けることは非常に困難である。通常、人間のオペレー

タが、訂正すべきデジタル画像のアーティファクトまたは欠陥を識別しなければならない。これは時間がかかり、高価なプロセスである。いくつかの完全に自動的なアルゴリズムが試されたが、これらのほとんどは全体の画像をぼかす傾向がある。

【0008】表面のアーティファクトおよび欠陥をフィルム上の画像に定められる特徴から自動的かつ一義的に区別し、デジタル画像の識別されたアーティファクトを自動的に訂正する必要性が存在する。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明による透過性の画像媒体の表面のアーティファクトを検出する方法は、(a)媒体上の点を通過する第1の光路に沿って光の強度を測定するステップと、(b)前記媒体上の点を通る、前記第1の光路と異なる第2の光路に沿って照明を配置し、前記(a)のステップで測定される光の強度が、前記媒体上の点において、第2の光路から第1の光路に方向転換される第2の光路の光によって得られるようにするステップと、(c)前記(a)のステップで測定された強度を、予め定められた閾値と比較するステップと、(d)前記(c)のステップの比較の結果として、前記媒体の表面のアーティファクトとして前記媒体上の前記点を識別するステップと、を含む。

【0010】透過性の画像媒体（フィルム）上のそれぞれの点が、2回走査される。1度目の走査は、従来の直接可視照明がフィルム上の画像を通過してセンサ上に達し、訂正すべき画像を生成する。2度目の走査は、欠陥シグネチャ（defect signature、表面の欠陥の画像）を提供し、これは1度目の走査で対応する領域を適切に変更するため、画像処理ソフトウェアにより使用される。以下に示すように、複数の実施形態の例を欠陥画像走査について開示する。すなわち、明視野の赤外線照明を使用する実施形態、強度測定について共通の光路で暗視野の可視白色光照明を使用する実施形態、強度測定について異なる光路で暗視野の可視白色光照明を使用する実施形態および強度測定について共通の光路で暗視野の赤外線照明を使用する実施形態である。

【0011】全体画像は、2つの別個のパスで順次に2回走査されることができ、または、それぞれの線を線毎に2回走査されることもできる。または、別個のセンサおよび光学系がそれぞれの点または線について2つの別個の強度測定を行うため同時に使用することもできる。それぞれの線は、結果としてのインターレースされた(interlaced)データで線毎に2回走査されるのが好ましい。データをインターレースするのは、必要なメモリを削減し、走査間の画像の位置ずれを減少または除去する。インターレースされたデータを用いることにより、欠陥検出計算は、スキャナまたはホストコンピュータのどちらかで線毎に実時間で行うことができる。欠陥シグネチャは、単純なピクセル毎の処理により得られること

ができる（対応するインターレースされた走査線のピクセル値を比較することにより）。

【0012】暗視野の照明を必要とするいくつかの実施形態の例では、照明について2つの別個の光路が、強度測定の共通の光路で使用される。照明について別個の光路は、2つの別個の光源を提供することにより実現することができる。1つは明視野の走査のために使用され、もう1つは暗視野のために使用される。代わりに、1つの光源を走査間で機械的に動かすこともできる。また代わりに、1つの光源からの光路を、ミラー、ライトパイプ、光ファイバまたは他の光の使用を介して2つの走査のため異なる光路に沿って方向転換することもできる。

【0013】暗視野照明を必要とする他の実施形態では、1つの照明源が使用されるが、強度測定は、2つの異なる光を受ける光路に沿って（照明経路に対して）行われ、それにより性能のため2つの同時走査を可能にする。別個の光検出器アレイは、同時の第2の走査に使用することができる。代わりに、ミラー、ライトパイプ、光ファイバまたは他の光学系を、1つの光検出器アセンブリ上へ別個のパスに沿って散乱光を方向転換させるのに使用することもできる。

【0014】赤外線を必要とする実施形態では、白色光の1つの光源および赤外線の第2の光源がある。それぞれの線は2回走査される。すなわち、1度目は白色光照明で、2度目は赤外線照明を加えて走査される。白色光照明は、2度目の走査の間「オフ」である必要がなく、引続き「オン」のままであることができる。赤外線照明は、高速にスイッチのオン/オフを行うことができなければならない、これはたとえば赤外線の発光ダイオード(LED)を使用することにより達成することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の詳細な説明の簡単な概要を示す。

1. 概要
2. 明視野の赤外線照明を使用する実施形態
3. 暗視野の可視白色光照明を使用する実施形態
 - (A) 強度測定について共通の光路
 - (B) 強度測定について異なる光路
4. 暗視野の赤外線照明を使用する実施形態
5. データ特性
6. 方法のフローチャート

【0016】1. 概要

複数の実施形態が存在する。カラー走査については、図1のようなカラーフィルタ、または図2のようなカラーセパレータを使用することができる。実施形態のそれぞれにおいて、走査Aおよび走査Bの2つの走査を実行する。走査Aは、直接（明視野の）白色光を使用して実行する通常の画像走査であり、訂正されるべき画像を生成する。走査Bは、欠陥シグネチャ（表面の欠陥の画像）

を提供し、これは第1の走査における対応する領域を適切に変更するため、画像処理ソフトウェアにより使用される。走査Aおよび走査Bの順番は、重要でない。走査Bは、明視野の赤外線(図3)、暗視野の可視白色光(図4、5、6、7および8)または暗視野の赤外線(図9)を使用して行うことができる。走査Bは、照明について別個の光路を使用して実行することができ(図3、4、5および9)、または強度測定について別個の光路を使用して実行することができる(図7および8)。

【0017】点ごと、または線ごとに、走査Aを、アーティファクトを識別するのに走査Bと比較することができる。必要なメモリを最小にするため、画像の1本の線について、走査Aのデータに、画像の同じ点または線の走査Bのデータが直ちに続くよう、データストリームがインターレースされるのが好ましい。これは、データの1本より多い線をバッファする必要性を除去し、画像の位置合わせの問題を除去して速度のため処理を単純化する。

【0018】2. 明視野の赤外線照明

一般に、処理されるカラー写真フィルムの画像を形成する染料は、波長の狭帯域をさえぎり、他のすべての波長を透過させる。例えば黄色の染料は、青の波長をさえぎり、他のすべての波長を透過させる。一般に、処理される画像を形成するフィルム媒体および染料は、赤外線に透過である。通常、図1および図2に示すような従来技術のスキナでは、光源は、赤外線の波長において一部のエネルギーを不可避免的に提供する可能性がある。通常、CCDアレイおよび他の光検出器は、赤外線の波長に敏感である。図1および図2に示すような従来技術のスキナでは、赤外線フィルタが光路上のある場所に置かれ、赤外線をさえぎるのが一般的である(例えば、米国特許第5665963号)。

【0019】図3は、本発明の第1の実施形態による透過性の画像についての画像スキナを簡略的に示したものである。図3では、透過性の画像媒体(フィルム)300が、白色光源302および赤外線源304により照明される。「コールドミラー(cold mirror)」306は、白色光を反射するが赤外線を透過させる。透過性の媒体300の表面上の画像の点、線または領域は、光学系308により光検出器(光センサ)アレイ310上に結像する。白色光源302は、例えば蛍光灯であることができる。赤外線光源304は、例えば1または複数の赤外線の発光ダイオード(LED)であることができる。白色光および赤外線の位置を、赤外線を反射して白色光を透過する「ホットミラー(hot mirror)」の使用により逆にすることができることに注意すべきである。どちらの構成についても、ミラー306は、白色光源302からの赤外線を、透過性の媒体300に届かせない。

【0020】全体画像が白色光(302)を使用して走

査され、それに赤外線(304)を使用して走査されている全体画像が続くこともできる。またはそれとは逆に走査されることもできる。しかし、2つの別個の完全な画像走査は、サブピクセルの再現性を持つスキナ機構または2つの画像を再調整する非常に高性能な(時間がかかる)アルゴリズムを持つソフトウェアを必要とする。さらに、2つの別個の完全な画像走査は、1つの追加の走査を保持するのに十分なメモリを必要とする。したがって、走査線ごとの白色光と赤外線との切替が、機械的な位置合わせの不一致、高性能なアルゴリズムおよび余分のメモリを避けるのに好ましい。図3に示す構成では、赤外線LEDは「オン」と「オフ」の切替を速く行うことができる。またミラー306を固定することができ、白色光源を両方の走査について「オン」のままにすることができる。代わりに、それぞれの赤外線の走査の間、走査線ごとに透過性の媒体300が白色光にさらされることがないように、ミラー306を機械的に移動または回転することができる。

【0021】スライド(slide)では、結果として印刷された画像に暗い領域として塵およびひっかき傷が現れる。ネガでは、明暗が印刷について逆になるので、結果として印刷された画像に白い領域として塵粒子またはひっかき傷が現れる。スライドまたはネガのどちらについても、白色光の走査の間の光検出器310からの信号が、時々強度が低い領域と共に、走査線を横切っていくらか変化する強度を持つ(図10(A)において詳細に説明する)。強度の低い領域は、画像の有効な部分(例えば、スライドまたはネガの反射するハイライトにおける猫のひげまたは空の電力線)である可能性もあり、またはアーティファクトにより引き起こされた領域である可能性もある。スライドまたはネガでは、赤外線走査の間の光検出器310からの信号は高強度の背景を持ち、背景の強度は光検出器アレイを十分飽和させる可能性がある。染料が赤外線に透過であるので、画像における染料の暗い領域は、赤外線走査における低い強度の領域としては現れない。明視野の赤外線走査では、赤外線がさえぎられる場所のみが(すなわち、アーティファクトが存在するとき)、光検出器において低い強度が生じる。

【0022】それぞれの走査線について、赤外線走査における低い強度領域に対応する白色光走査からの画像領域を除去するのに、画像処理がピクセルごとを基準に使用される。その後、画像処理ソフトウェアを使用して、白色走査での結果として生じた空白領域を、周囲の領域に対応する色(またはパターン、テクスチャ)で満たす。色で満たすのは、線毎に実行することができる。例えば、それぞれの走査線について、左端および右端を持つ空白領域が与えられると、画像処理ソフトウェアは、空白領域の左端のすぐ左にあるピクセルの色から、空白領域の右端のすぐ右にあるピクセルの色へと、補間することができる。代替的にこの色の充填を、2次元の空白

領域で2次元の白色光走査について実行することができる。例えば、空白領域内でピクセルの近くの「パッチ(patch)」を複写し、2次元のパターンまたはテクスチャを2重にすることができる。領域サイズのしきい値、特徴クラスタリング、エッジ検出および境界の追跡(boundary following)のような既知の画像処理技術および領域抽出方法を、画像訂正をより大きい特徴に制限し、赤外線走査における低い強度の小さい散らされた点およびノイズを無視するのに使用することができる。

【0023】いくつかの光検出技術の適切な代替的なものが、図3の明視野の赤外線走査である。しかしCCDについては、飽和度(saturation)が、焦点ぼけ、スミアー(smear)および他の画像劣化の問題を生じさせる可能性がある。飽和度の否定的な影響を減少させるための多様な技術がビデオカメラの2次元CCDアレイで使用されているが、一般にこれらの技術は複雑さおよびコストを加える。したがって、CCDを使用する光検出器アレイについては、暗視野の照明を使用する以下の代替的な実施形態のうちの1つが好ましい。

【0024】3. 暗視野の可視白色光照明

媒体の表面上のアーティファクトだけの画像を形成する代替的な方法は、暗視野照明を使用することである。この方法では、測定されている光が、アーティファクトにより反射、散乱、回折、その他の方法で方向転換される。画像の表面の特徴に散乱光を使用する一般的な考えが、反射顕微鏡法の暗視野結像において知られている。しかし暗視野の顕微鏡法では、散乱光の画像が所望の画像である。例えば、集積回路の表面の特徴の画像を形成することが目的である場合である。対照的に本発明では、直接光を使用することにより得られる対応する所望の画像から除去されるべき欠陥のある領域を識別するのに、散乱光の画像を使用する。

【0025】(A) 強度測定について共通の光路

図4は、複数の光源または可動の光源を使用する実施形態の例を示す。図4では、透過性の媒体300が、第1の光源400により照明される。透過性の媒体すなわちフィルム300上の画像の点または線および光学系308を介し、第1の光路402に沿って第1の白色光源400からの光線が通り、フィルム300上の点または線は、光検出器アレイ310に焦点が合わせられる。第2の光源404からの第2の光線は、フィルム300の画像を介して第2の光路406に沿って通る。光路406が通るフィルム300の表面上にアーティファクトも欠陥も存在しない場合には、第2の光源404からの光は光検出器アレイ310に投影されない。しかし、第2の光路406に沿った光が、アーティファクトまたは欠陥にぶつかる場合には、光学系308を介して一部の光が散乱、反射、回折、その他の方法で方向転換されて、光検出器アレイ310に集光することができる。第2の光源404は別個の光源であることもでき、または機械的

に異なる位置へ動かされた光源400であることもできる。

【0026】図5は、図4の他の実施形態を簡略的に示したものである。図5では、第2の光源408が、フィルム300をはさんで第1の光源400とは反対側に置かれる。フィルム300の両面上の欠陥が、光学系308を介して光源408からの光を散乱、反射、屈折または回折し、光検出器アレイ310へ集光させることができる。

【0027】図6は、さらに図4の他の実施形態を簡略的に示したものである。図6の実施形態では、2つの別個の光源または可動の光源の代わりに、照明の光路をミラーの使用により変更する。図6では、光路402に沿った光線はミラー412およびミラー414から反射され、フィルム300の画像を介して光路406に沿って光を通す(図4の光路406と同じ方向に沿って)。ミラー412は参照番号413に示される位置に移動することができ、これにより、図4および図5の画像を介する照明路402での走査を可能にする。光ビームを偏向するのに、ミラーの代わりにライトパイプ、光ファイバまたは他の光学系を使用することができる。ミラーまたは他の光路の方向変換の装置は、可動または回転するよう作ることができ、走査線ごとに照明路を切り換えるため交互の照明路を提供する。

【0028】(B) 強度測定について異なる光路

図3、4、5および6の実施形態では、2つの別個の走査が、それぞれの走査線について必要とされる。走査速度を、それぞれの走査線について2つの同時の走査を提供することにより改善することができる。図7は、2つの別個の光検出器アレイが2つの同時走査を提供する代替的な実施形態の例を示す。一般に、図7の破線曲線500として2次元で示されるように、光学系は光を3次元の表面上に集光する。図7では、第2の検出器アレイ502が、光学系308の焦点面500に沿って位置づけられる。光路506に沿った白色光源504からの光線は、検出器アレイ310に集光する。通常、スキャナの光源は視準されない。したがって、光源504からの一部の光は、光路506とは異なる光路508に沿っている。光路508のフィルムの表面上にアーティファクトも欠陥も無い場合には、光源504からのいかなる光も光検出器アレイ502上に衝突しない。アーティファクトまたは欠陥がある場合には、光路508に沿った光線は、部分的に散乱、屈折、反射、回折、その他の方法で光路510に方向転換されて検出器アレイ502に集光する。光検出器アレイ502は、別個の光検出器アレイであることができ、または機械的に異なる位置に移動した光検出器アレイ310であることもできることに注意すべきである。しかし速度のため、光検出器アレイ502は別個であるのが好ましい。また光検出器アレイ502は、1つの色またはグレーについて1線のアレイで

あることができることに注意すべきである。最後に、検出器アレイ310に焦点が合わされているフィルム300上の線が、検出器アレイ502に焦点が合わされているフィルム300上の線とは異なることに注意すべきである。言い換えると、同時走査は画像上の異なる線について実行される。したがって、図1で述べたように、第2の走査がそれぞれの線について完了するまで、走査される画像上のそれぞれの線の第1の走査について、強度測定値をバッファするのにメモリが必要となる。

【0029】図7の実施形態は、第1の光検出器アレイから移動した第2の光検出器アレイを必要とする可能性がある。図8は、1つの光検出器アセンブリの追加の行に暗視野照明を方向転換するのにミラーが使用される代替的な実施例を示す。図8では、ミラー600（または光ファイバ、ライトパイプ、他の光学系）が、光路510に沿って散乱、反射、屈折または回折された光線を、光検出器アレイ602の別個のセンサの行に方向転換する。例えば、光検出器アレイ602は、光路506の赤、緑および青の波長について3行のセンサを持つことができ、ミラー600から反射された光を受けるため別個の4番目の行を持つことができる。また図7のように、光路508に沿った光は、散乱、反射、屈折、回折、その他の方法で光路510へとフィルム300の表面で方向転換されない限り、光路510に沿ったいかなる光も存在しない。また図1および図7のように、最後の測定がその線について完了するまで、走査する画像上の線の強度測定値をバッファするのにメモリが必要となる。

【0030】4. 暗視野の赤外線照明

図4、5、6、7および8のような白色光の暗視野の結像では、表面のアーティファクトにより散乱または方向転換される一部の光が、フィルム上の画像の染料により部分的にさえぎられる可能性がある。特に画像の比較的暗い領域のアーティファクトでは、アーティファクトから散乱される光が、暗い領域の染料により実質的に削減される可能性がある。人間の目の光の強度への反応がおおよそ対数であるので、人間の眼は低い強度の領域の小さい変化に非常に敏感である。したがって、暗い領域の暗いアーティファクトは、なお不快である。しかし、フィルム上のカラー画像の染料が赤外線に本質的に透過なことを思い出してみると、赤外線では、フィルム上の染料は暗視野の結像を妨害しない。図9は、赤外線の暗視野の結像を使用する本発明の代替的な実施形態を示す。図9では、フィルム300および光学系308を介し、白色光源700は、コールドミラー702（白色光を反射し、赤外線を透過する）からの光を光検出器アレイ310上へ投影する。フィルム300の表面で方向転換されない限り、赤外線光源704からのいかなる光も光検出器アレイ310に届かないように、赤外線光源704は経路に沿って光を投射する。フィルム300の表面の

アーティファクトは、光学系308を介して光検出器アレイ310上へ、赤外線を散乱、反射、屈折、回折、その他の方法で方向転換する。図3の実施形態と同様に、赤外線光源704は高速にパルスの「オン」と「オフ」を行うことができ、白色光源700はずっと「オン」のままであることができる。そこで、白色光源700は継続して「オン」の状態であり、走査Aは赤外線光源704が「オフ」の状態で行われ、走査Bは赤外線光源704が「オン」の状態で行われる。

【0031】通常スキャナは、プロセッサおよびメモリを含む。したがって、画像の訂正処理は、スキャナのプロセッサを使用してスキャナ内で実行することができる。代わりに、ホストコンピュータ内で処理するため、走査Aおよび走査Bをホストコンピュータにアップロードすることができる。図9では、明視野の可視白色照明を使用する1つの走査線についてのデータ（走査A）は、暗視野の赤外線に明視野の可視白色を加えて使用する1つの走査線についてのデータ（走査B）でインターレースされるのが好ましい。これが必要なメモリを削減し、走査間の画像の位置ずれの蓋然性を削減する。アーティファクトの識別のため、走査Aが単純に走査Bから減算されるので、本質的にすべての明視野の可視白色光のデータが、アーティファクトが存在する所を除いて至る所を取り消す。閾値を超える減算されたデータの値が、アーティファクトとして識別される。特に、図9のようなインターレースされた線の減算は、容易にスキャナで行われる実時間処理であることができる。図9の実施形態は、以下の属性を持つ。

1. アーティファクト検出のための処理が、容易で高速である（減算および閾値の比較）。
2. 赤外線が、画像の暗い領域のアーティファクトの識別を可能にする。
3. 光検出器（光センサ）は、アーティファクトの識別のために飽和しない。
4. 必要なメモリが、最小になる。
5. 走査を交互にはさむ（インターリーブする）ことが、潜在的な位置合わせの問題を最小にする。

【0032】図9の実施形態の代わりとして、図7のような第2の光検出器アレイまたは図8のように光検出器アレイの追加の行への方向転換のためミラーを使用することができ、これにより同時の直接白色光および暗視野の赤外線走査を可能にする。すなわち、1つの検出器アレイは、直接白色光の線の画像を作ることができ、第2の検出器アレイは暗視野の赤外線の別個の線の画像を同時に作ることができる。

【0033】通常蛍光灯は、高速にスイッチの「オン」と「オフ」の切換をすることができないということに注意すべきである。さらに、蛍光灯が最初に「オン」になったとき、通常相当の時間（5秒を超える）が、光の強度を安定させるのに必要となる。したがって、図3およ

び図9の実施形態について、継続的に蛍光灯を「オン」にさせ、赤外線LEDをパルスさせるのが好ましい。多くの他のバリエーションが可能である。たとえば、図3および図9の実施形態について、蛍光灯を継続的に「オン」にして赤外線LEDをパルスさせることができるのが好ましい。多くの他の種類の形態が可能である。例えば、図3および図9の実施形態について、別個の光源の代わりに、白色および赤外線両方を持つ1つの光源を使用することができ、ホットミラー、コールドミラーまたはフィルタを、走査Aおよび走査Bの光路に挿入することができ、またその光路から取り除くことができる。代替的に、赤外線LEDと一緒に白色光源のLED（例えば、赤、緑および青のLED）を使用することができ、白色および赤外線光源は、両方とも高速にパルスを「オン」および「オフ」にすることができる。

【0034】5. データ特性

図10は、上記述べたいくつかの実施形態について光検出器のラインアレイ（line array、1つの色またはグレースケールに対して）により測定された画像上の走査線の一部のピクセル数に対する強度のグラフを示したものである。それぞれの色（例えば、赤、緑、青）について光検出器の異なるラインを使用する光検出器アレイでは、欠陥の測定を1つの色（例えば、緑）のみを使用して行うことができる。図10は、スライドの走査のデータを表すものとして見ることができ、測定された大きい強度値はオリジナル画像の明るい領域を表し、小さい強度値はオリジナル画像の暗い領域を表す。しかしネガフィルム片の走査については、オリジナル画像の測定された強度と明るさとの間の関係が逆になる。さらに、光検出器の実現のしかたに依存して、小さい数字が高い強度を表し、大きい数字が低い強度を表すこともできる。したがって実現のしかたにより、グラフを垂直に逆にする必要がある。

【0035】図10（A）は、直接（明視野）白色光の走査を示し、多様な実施形態において走査Aと呼ぶものである。強度のグラフ800は3つの領域802、804および806を持ち、この場所で強度が低レベルに落ちる。これらの低レベルは、欠陥または画像の有効な暗い線により引き起こされる。

【0036】図10（B）は、直接赤外線照明のみを使用して測定された（たとえば、白色光が「オフ」の図3の実施形態）図10（A）の画像の強度のグラフを示す。十分な赤外線照明の強度では、光検出器アレイは、領域808および810を除き至る所で飽和する可能性がある。領域808および810は、赤外線に透過でない領域を表し、よってアーティファクトが存在する領域を表す。図10（A）および（B）を比較すると、図10（A）の領域802および806は、図10（B）で識別されるようなアーティファクトでなければならず、図10（A）の領域804は、画像の正当な部分でな

ければならない。図10（B）に示されるように、領域804は本質的に赤外線に透過であるからである。

【0037】図10（C）は、直接赤外線照明および白色光の両方を使用して（たとえば両方の光源が「オン」である図3の実施形態）測定された図10（A）の画像の強度のグラフを示す。アーティファクトの領域812および814を除くすべての領域について、赤外線照明は光検出器アレイを飽和するのに十分なので、図10（C）は実質的に図10（B）と同じである。したがって、適当な閾値816を用い、領域812および814のような閾値816以下の強度を持つ領域が、訂正を必要とするアーティファクトでなければならない。図10（C）は、図3の白色光が「オン」にされたままで、アーティファクトをなお識別することができることを示す。

【0038】図10（D）は、例えば白色光が「オフ」の図9、すなわち図7および図8のような別個の検出器アレイを持つ図9の赤外線のように、暗視野の赤外線のみで照明される図10（A）の画像を示す。図10（D）では、2つの高い強度の領域818および820と共に、一般的に低い強度の背景が存在する。また図10（D）は、暗視野の白色光のみの走査を表すこともできるが、この場合領域818および820の振幅が、暗視野の白色光の画像の染料により削減される可能性があることに注意すべきである。

【0039】図10（E）は、明視野の白色光および暗視野の赤外線両方により照明される（たとえば両方の光源が「オン」である図9のように）図10（A）の画像を示す。赤外線光源の強度に従い、暗視野の赤外線照明は、領域824および828（図10（A）の領域802および806にそれぞれ対応し、図10（D）の領域818および820にそれぞれ対応する）を画像に比べ強度をより強くし、または領域824および828を画像に比べ強度をより小さくすることができる。しかし一般に、図10（A）の測定に暗視野の赤外線照明を加えることは、アーティファクトの領域（802、806）の強度を変更し、画像の正当な暗い領域により生ずる低い強度の領域にはほとんど影響を与えない。図10（A）のデータが図10（E）のデータから減算されると、正当な画像からの結果のデータが取り消され、結果は図10（D）に示すようになる。すなわち、白色に暗視野の赤外線強度データを加え、そこから白色の強度データを引くと、およそ暗視野の赤外線強度データに等しくなる。減算されたデータを、図10（D）の閾値822のような閾値と比較することにより、アーティファクトを識別することができる。閾値822を確立することにより、プロセッサは、図10（A）の領域802および806が、減算されたデータの領域818および820（図10（D））に対応して訂正されるべきアーティファクトであることを判断する。図10（C）と同

様に、図10(E)は、白色光源を「オフ」にしなければならないことなく、アーティファクトの検出を行うことができることを示す。したがって、図3および図9の実施形態は、設計の相当な簡単さと共に、適切な結果を提供する。しかし、図3実施形態について図10(B)および図10(C)に示されるように、光検出器の要素を飽和状態にすることが望ましくないことを思い出す必要がある。

【0040】6. 方法のフローチャート

図11は、図3から図8の実施形態による、表面のアーティファクトを検出する方法のフローチャートである。最初に、ステップ900およびステップ902で、第1の光路に沿ってフィルム上の点が照明され、強度を測定する。次に(ステップ904およびステップ906)、第2の光路に沿ってその点を通過する光の強度を測定する。第2の光路は、別個の照明路により得られ(図3、4、5および6)または別個の検出路を使用することにより(図7および図8)得られることができることに注意すべきである。また、第2の走査(ステップ904およびステップ906)が、白色光に直接(明視野)赤外線(図3)または暗視野の白色光(図4、5、6、7および8)を加えたもので行うこともできることに注意すべきである。ステップ906で測定された強度が、あらかじめ定められた閾値(テスト908)を越える場合には、その点はアーティファクトとして識別される(ステップ910)。判断908が、アーティファクトの強度が閾値より大きいことを規定することに注意すべきである。しかし、閾値に関する測定値の意味を変更することができる。たとえば、図10(B)では閾値以下になるのがアーティファクトを示すのに対し、図10(E)では閾値を超えるのがアーティファクトを示すというふうに変更することができる。点がアーティファクトとして識別されると、明視野の白色光の走査の間にその点について測定された強度が、近傍の正常な点から導き出された測定値に、前の方で記述した方法を使用して置き換えられる(ステップ910)。そうでなければ、その点は正常である(ステップ912)。

【0041】図12は、図7および図8による表面のアーティファクトを検出する方法のフローチャートである。最初に、ステップ1000およびステップ1002で、第1の光路に沿ってフィルム上の点が照明され、強度を測定する。次に(ステップ1004)、後の時点で、第2の光路に沿ってその点を通過する光の強度を測定する。性能のため2つの同時走査が存在するが、画像上の任意の測定される点について、測定1002および1004は異なる時点で行われる。ステップ1004で測定された強度が、あらかじめ定められた閾値を越える場合には(テスト1006)、点はアーティファクトとして識別される(ステップ1008)。また実施形態の中には、閾値を下回るのがアーティファクトを示すとい

うこともできる。そうでなければ、その点は正常である(ステップ1010)。点がアーティファクトとして識別される場合には、第1の走査でその点について測定された強度が、前の方で述べた方法を使用して、周囲の正常の点から導き出された測定値で置き換えられる(ステップ1008)。

【0042】図13は、図9による表面のアーティファクトを検出する方法のフローチャートである。最初にステップ1100および1102で、白色光のみで測定を行う(走査A)。その後、ステップ1104および1106で、白色光に暗視野の赤外線を加えて測定を行う(走査B)。走査Aは、走査Bから減算される(1108)。減算の後の点における値が、あらかじめ定められた閾値を越える場合には(テスト1110)、その点はアーティファクトであり、その値は近隣の点から導き出された値で置き換えられる(ステップ1112)。そうでなければ、その点は正常である(ステップ1114)。実施形態の例を、線ごとの走査を使用して示した。しかし、アーティファクトを検出するための散乱または回折された光を使用する一般的な方法は、一度に1つの点の強度を順番に測定するスキャナに同様に適用可能であり、またはすべての点の強度を同時に検出する2次元の光検出器アレイを持つデジタルカメラについても適用可能である。

【0043】本発明の前述の記述は、例示および説明の目的のため提示した。本発明は、開示された形式に限定されるものではなく、他の改良および様々な形態が、上記の光技術において可能である。実施形態は、本発明の原則を説明するために選ばれて記述され、これにより当該技術分野の当業者は、検討される特定の使用に適したように、多様な実施形態および多様な改良において、本発明を最良に利用することができる。

【0044】本発明は例として次の実施態様を含む。

(1) (a) 前記媒体上の点を通過する第1の光路(402)に沿って光の強度を測定するステップと、(b) 前記媒体上の点を通る、前記第1の光路と異なる第2の光路に沿って照明を配置し、前記(a)のステップで測定される光の強度が、前記媒体上の点において、第2の光路から第1の光路に方向転換される第2の光路の光によって得られる(c) 前記ステップ(a)で測定された強度を、予め定められた閾値(816, 822)と比較するステップと、(d) ステップ(c)の比較の結果、前記媒体の表面のアーティファクトとして前記媒体上の前記点を識別するステップと、を含む透過性の画像媒体(300)の表面のアーティファクトを検出する方法。

【0045】(2) 前記媒体上の前記点が前記媒体の表面のアーティファクトとして識別されるときに、前記媒体の前記点についての強度測定値を、前記媒体の表面のアーティファクトとして識別されない近傍の点の強度測定値から導き出された値で置き換えるステップと、を含

む上記(1)に記載の透過性の画像媒体(300)の表面のアーティファクトを検出する方法。

(3) 上記(1)のステップ(b)で配置される照明が、赤外線波長の含む上記(1)に記載の透過性の画像媒体(300)の表面のアーティファクトを検出する方法。

(4) 上記(1)のステップ(d)が、ステップ(a)の前記強度測定値が、前記予め定められた閾値を超える場合に、前記媒体の前記点を表面のアーティファクトとして識別するステップを含む上記(1)に記載の透過性の画像媒体(300)の表面のアーティファクトを検出する方法。

(5) 上記(1)のステップ(d)が、ステップ(a)の前記強度測定値が、前記予め定められた閾値を下回る場合に、前記媒体の前記点を表面のアーティファクトとして識別するステップを含む上記(1)に記載の透過性の画像媒体(300)の表面のアーティファクトを検出する方法。

【0046】(6)点を通る第1の光路(402)に沿った光を受けるのに適応した光検出器(310)と、前記点を通り、前記光検出器に向けられていない第2の光路(406、410)に沿った光を提供するよう適応した光源(400、404、408、704)とを備え、前記光源からの光の一部が、前記第1の光路および前記光検出器へと、前記点において方向転換され、アーティファクトが前記点において識別されるイメージスキャナ。

(7) 前記光源が第2の光源であり、前記イメージスキャナが、前記点を通り、前記光検出器への前記第1の光路に沿って光を提供するよう適応した第1の光源(400、700)を備える上記(6)に記載のイメージスキャナ。

(8) 前記第1の光源および前記第2の光源が、別個の光源である上記(7)に記載のイメージスキャナ。

(9) 前記第1の光源および前記第2の光源が、同じ光源(400)である上記(7)に記載のイメージスキャナ。

(10) 前記第1の光源が白色光の波長を提供し、前記第2の光源が赤外線波長の波長を提供する上記(7)に記載のイメージスキャナ。

【0047】

【発明の効果】表面のアーティファクトおよび欠陥をフィルム上の画像に定められる特徴から自動的にかつ一義的に区別し、デジタル画像上の識別されたアーティファクトを自動的に訂正することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】フィルタをもつ線走査方式のブロック透視図。

【図2】ビームスプリッタをもつ線走査方式のブロック透視図。

【図3】白色光源および明視野の赤外線光源を備える本発明の実施形態によるフィルムスキャナのブロック側面図。

【図4】別個の可動光源で暗視野照明を使用する本発明の実施形態によるフィルムスキャナのブロック側面図。

【図5】図4の実施形態の代替的な取り合わせによるフィルムスキャナのブロック側面図。

【図6】図4の実施形態の代替的な取り合わせによるフィルムスキャナのブロック側面図。

【図7】別個または可動のセンサアレイを備える本発明の代替的な実施形態によるスキャナのブロック側面図。

【図8】1つの光検出器アセンブリ上への暗視野光の方向転換を備える本発明の代替的な実施形態によるスキャナのブロック側面図。

【図9】暗視野の赤外線を使用する本発明の代替的な実施形態によるスキャナのブロック側面図。

【図10】本発明の多様な実施形態を使用して測定された画像の走査線の一部についての強度分布を示すグラフ。

【図11】照明について別個の光路を使用して表面のアーティファクトを検出して訂正する方法を示すフローチャート。

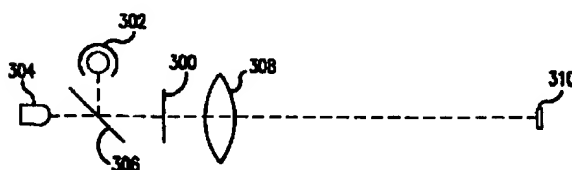
【図12】強度測定について別個の光路を使用して表面のアーティファクトを検出して訂正する方法を示すフローチャート。

【図13】暗視野の赤外線照明を使用して表面のアーティファクトを検出して訂正する方法を示すフローチャート。

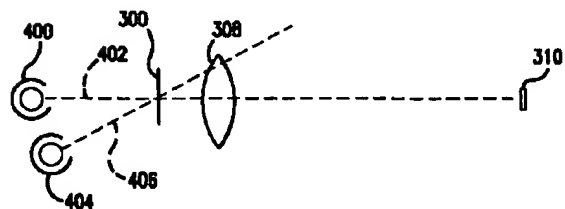
【符号の説明】

300	透過性の画像媒体
310	光検出器
400、700	第1の光源
402	第1の光路
404、408、704	第2の光源
406、410	第2の光路
816、822	閾値

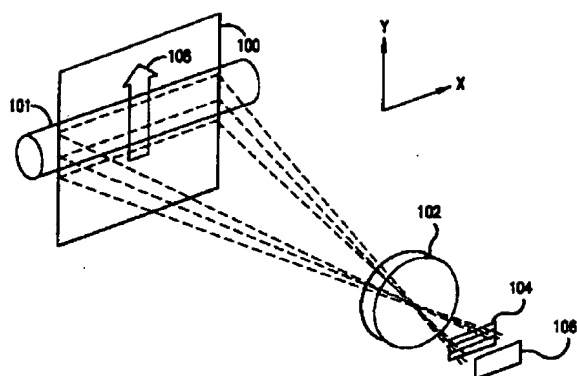
【図3】



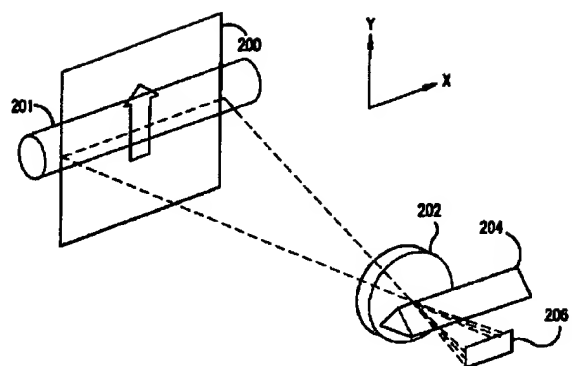
【図4】



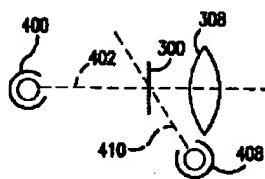
【図1】



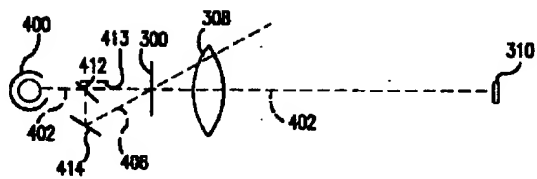
【図2】



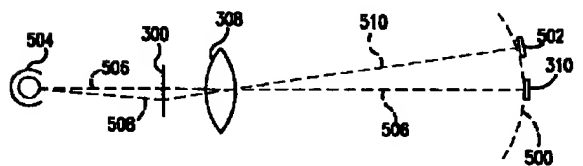
【図5】



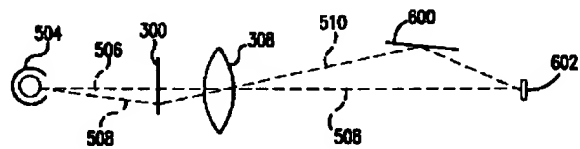
【図6】



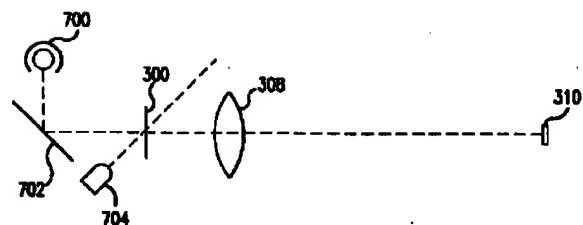
【図7】



【図8】

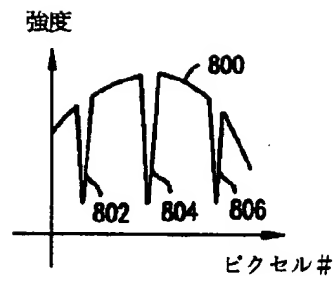


【図9】

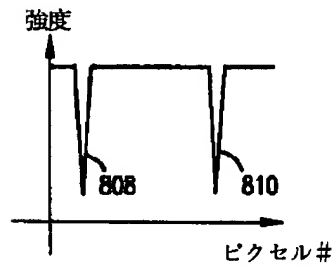


【図10】

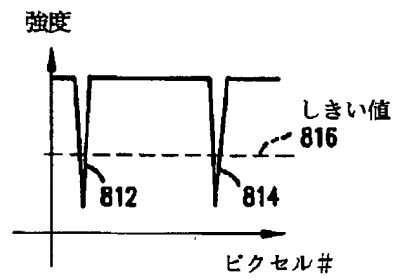
(A)



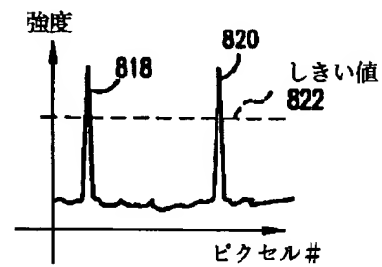
(B)



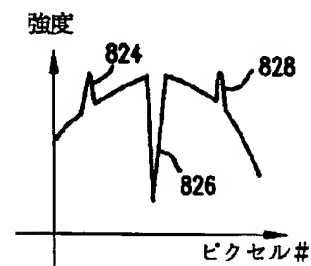
(C)



(D)



(E)



【図11】

